1789: prassi e organizzazione della scienza

di A. Baracca e A. Rossi

La presa del potere da parte della borghesia francese, dopo la rivoluzione del 1789, comportò anche una radicale trasformazione nei contenuti, nei metodi e nell'organizzazione della scienza, resi funzionali al nuovo ordine sociale, come elementi integranti in esso profondamente radicati.

Si assiste nel XVIII secolo in Francia ad uno sviluppo economico e ad una crescita quantativa di uno strato borghese sempre più forte dal punto di vista produttivo e intellettuale, ma ancora privo di potere politico, sottomesso ad una struttura ancora feudale.
Si tratta di un'economia chiusa, di una società paralizzata e cristallizzata, in cui forze produttive destinate a enorme sviluppo sono tenute a freno da rapporti di produzione inadeguati. In particolare, la campagna era ancora paralizzata da tributi feudali ed ecclesiastici, da tecniche agricole antiquate e dalla piccola coltivazione precapitalistica. Il commercio era ostacolato dall'anarchia feudale, fatta di innumerevoli, arbitrari dazi e balzelli, diversi da regione, da paese a paese, cui corrispondevano la difformità dei pesi e delle misure, la scarsa concentrazione e la ristrettezza degli scambi interni, nonché con l'estero, dato il rigido protezionismo vigente. La nascente industria era d'altra parte frenata da una diffusa mentalità anticapitalistica, dalle corporazioni chiuse spesso nella pura e semplice difesa di interessi e tecniche cristalizzate, mentre non sempre trovava nel limitato sviluppo commerciale gli stimoli necessari alla sua espansione. L'amministrazione era volta d'altro canto alla pura conservazione, quando non era semplicemente corrotta. Essa cooptava specie nel settore della giustizia elementi della borghesia che, trasmettendosi in eredità cariche e privilegi, conservavano una mentalità antiquata e perciò, durante e dopo la rivoluzione, facevano, per lo più, causa comune con l'aristocrazia. L'economia, ancora prevalentemente agricola [1], era comunque bloccata dalla struttura feudale. Quindi non avvenivano quei processi, come la « recinzione » dei campi [2], l'istaurazione di rapporti capitalistici nelle campagne e la concentrazione dell'attività commerciale, che in Inghilterra erano intanto alla base del decollo industriale. La differenza di fondo consisteva nel fatto che la borghesia inglese aveva conquistato già nel XVII secolo il potere politico, e aveva addirittura convertito alle nuove attività economiche larghi strati dell'aristocrazia. Tuttavia la borghesia francese conosceva una prosperità economica crescente, che veniva d'altra parte pagata in termini di impoverimento degli strati popolari, che sopportarono per la maggior parte il peso dell'aumento dei prezzi prima e dell'inflazione durante la rivoluzione, di cui si avvantaggiavano gli imprenditori. La rivoluzione si presenta quindi ricca di motivazioni e determinazioni diverse e contraddittorie: da un lato essa esprime il grado di prosperità raggiunto da una borghesia che si sente ormai di poter superare i limiti politici e sociali impostile e di accrescere il suo benessere: è pertanto una « rivoluzione della prosperità »; dall'altro è l'esplosione di un popolo che ha fame e ne attribuisce la responsabilità, certo anche se non esclusiva, al potere nobiliare illudendosi di poter costituire un potere democratico-popolare, per il quale i tempi non sono maturi. E. Labrusse la chiama perciò « rivoluzione della miseria ».
In particolare nelle campagne la rivoluzione costituì un momento effimero di unificazione, contro il feudalesimo, di strati e interessi diversi: quello dei possidenti e quello dei lavoratori indipendenti. Ma anche il popolo nelle città, prima unito, si andò differenziando in seguito alla rivoluzione: da una parte il proletariato, dall'altra piccoli artigiani e bottegai di mentalità precapitalistica.

La scienza degli illuministi

L'illuminismo costituì per la borghesia francese, in questa situazione subalterna, l'ideologia della sua emancipazione. Questa vi assumeva però un carattere soprattutto intellettuale, in corrispondenza alla sostanziale stasi economica francese.
Certamente l'illuminismo esprimeva l'esigenza di un più stretto legame fra la cultura in generale, la scienza in particolare, e il rinnovamento della società, esso infatti rivendicava, contro il puro razionalismo cartesiano, l'istanza della fondazione empirica del sapere (costante era quindi il richiamo a Newton e Locke come modelli). Mentre però questa aveva in Inghilterra una conferma e una base concreta nel dina-

mismo produttivo di una borghesia ormai politicamente egemone, in Francia i rapporti produttivi e sociali arcaici non le consentivano uno sbocco adeguato.

Vi era stata nel passato un'accanita lotta per il potere fra la corona e la nobiltà, e il successivo trionfo del potere regio assoluto aveva cristallizzato un antagonismo fra nobilità e borghesia che andava in senso opposto alla recente integrazione che si registrava in Inghilterra, e portava in definitiva, per il loro riferimento diretto a quell'esperienza non trasponibile, ad un moderatismo delle prime espressioni dell'illuminismo di Montesquieux (si pensi alla dottrina della separazione dei poteri) e dello stesso Voltaire (pur nell'accesa caratterizzazione razionalistica e dissacrante di quest'ultimo).

In questo contesto ideologico-culturale la scienza francese del 1700, sottesa dalla fiducia in essa che caratterizza lo enciclopedismo illuministico, presenta uno sviluppo decisamente razionalistico: di qui la fortuna del newtonianismo, che significava soprattutto la scienza matematico-razionale dei *Principi* di Newton a preferenza dello sperimentalismo dell'*Ottica,* miniera di modelli empirici soprattutto diffusi e sviluppati in Inghilterra. L'illusione illuministica era comunque nella convinzione che lo sviluppo della scienza potesse illuminare dall'alto il progresso della società; che il rapporto scienza-industria fosse un inevitabile approfondimento da parte della scienza delle condizioni della produzione, colte, precapitalisticamente, nell'artigianato. Scrive Diderot nel *Prospectus* dell'*Encyclopédie* che, per illustrare le arti meccaniche,

« ... tutto ci induceva ... a ricorrere agli artigiani.
Ci siamo rivolti ai più abili di Parigi e del regno. Ci samo presi la briga di andare nei loro opifici, interrogarli, scrivere sotto loro dettatura, sviluppare i loro pensieri, trovare termini adatti ai loro mestieri... »
« ... Si sono mandati i disegnatori negli opifici. Si sono fatti schizzi di macchine e strumenti ».
« Offriremo ... all'artigiano ciò che esso dovrebbe apprendere dal filosofo per progredire verso la perfezione ».

Diversa era la situazione inglese dove gli scienziati vivevano invece normalmente a contatto con i tecnici, che intanto trasformavano attivamente per conto loro il proprio ambiente [3].

Anche le istituzioni scientifiche hanno in Francia caratteri peculiari. Colbert, il ministro borghese di Luigi XIV aveva tentato, già nella seconda metà del 1600, un rilancio statale della produzione, mediante un aggancio diretto con l'innovazione tecnica, nel senso suddetto. Le istituzioni scientifiche restarono quindi nel 1700 emanazioni dello stato assoluto, legate alle sue esigenze, non più però sempre in senso progressivo come ai tempi di Colbert. L'*Acadèmie des Sciences* stessa era nata nel 1666 in questo contesto. La fiducia incondizionata nella ragione scientifica, oltre l'esperienza stessa, guida le formulazioni più tipiche della scienza illuministica intesa ideologicamente come condizione generale dello stesso sviluppo sociale. D'Alembert (1717-83), pur partendo dai fenomeni (quindi in senso opposto al razionalismo cartesiano a priori), li interpreta razionalmente secondo ipotesi e verità ritenute necessarie, dimostrate in modo evidente. Tale evidenza è data dall'analisi della semplice esperienza, ridotta all'essenziale, alla sua matematizzazione, che ne riproduce il fondamento necessario: « Questa scienza è il limite estremo cui la contemplazione delle proprietà della materia possa condurci ». In questo contesto la scienza illuministica dei principi non ammette branche o articolazioni autonome, l'asserita unità dei principi è infatti lo strumento di controllo ideologico complessivo su di essa. La meccanica è tale in quanto dedotta e illuminata interamente dai principi ed è perciò « razionale ». In questo senso l'astronomia ne è l'applicazione privilegiata; essa è infatti anzitutto scienza della macchina celeste, o di macchine ideali che in realtà non funzionerebbero, in cui sono assenti forze dissipative, perché non matematizzabili. A conclusione di tale impostazione Laplace (1749-1827) arriva a giustificare la stabilità del sistema solare senza ricorrere a Dio (contrariamente a Newton che lo considerava invece un fattore indispensabile) perché, come disse a Napoleone, « non avevo avuto bisogno di quella ipotesi ».

Questo interesse per la macchina celeste era del resto una sublimazione della ricerca di un ordine anche sociale razionale, perfettamente efficiente, quale non era dato in realtà in Francia, e si poneva contemporaneamente, in senso tutto ideologico, come modello di

Fig. 1 *Uno dei nuovi sistemi di peso e misura; incisione del 1795.*

Gli eventi storici, culturali e scientifici, subito dopo la rivoluzione del '89

Anno	Data	Evento
1789	5 maggio	Apertura degli Stati Generali
	14 luglio	Presa della Bastiglia
	4 agosto	Abolizione dei diritti feudali: è previsto l'indennizzo.
	5-6 ottobre	Versailles
1790	»	*Istituzione « commissione pesi e misure »*
1791	14 giugno	Legge Le Chapelier contro le associazioni e lo sciopero
	20 giugno	Fuga del re
	1° ottobre	Assemblea Legislativa
1972	20 aprile	Guerra all'Austria
	20-21 aprile	*Rapporto di Condorcet sull'insegnamento all'Assemblea Legislativa*
	10 agosto	Les Tuileries
	21 settembre	Convenzione Nazionale
1973	6 aprile	Primo Comitato di Salute Pubblica
	17 luglio	Tutti i diritti feudali aboliti senza indennizzo
	8 agosto	*Scioglimento di tutte le Accademie, compresa quella delle Scienze*
	23 agosto	Leva di massa. *Gli scienziati organizzano la difesa.*
	4-5 settembre	Il Terrore all'ordine del giorno
	11 settembre	*Ampliamento della « Commissione pesi e misure »*
	29 settembre	Istituzione del calmiere generale su prezzi e salari
	2 ottobre	*Le spoglie di Cartesio vengono ammesse al Pantheon*
	8 maggio	Lavoisier giustiziato
1974	26 giugno	Gli austriaci sconfitti a Fleurus
	27 luglio	(9 termidoro) arresto di Robespierre
	21 dicembre	*Inaugurazione dei corsi dell'Ècole Polytechnique*
	24 dicembre	Abolizione del calmiere
1975	25 ottobre	*Legge che fonda un sistema di istruzione universale e l'Institut National de France*
	31 ottobre	Direttorio
1796	4 aprile	*Inaugurazione dell'Institut National de France Napoleone Bonaparte socio della sezione di matematica dell'Institut*
1799		*Terminano le misure del meridiano terrestre*
	9 novembre	(18 brumaio) Colpo di Stato di Bonaparte
1801	ott.-nov.	*A. Volta viene chiamato all'Institut e riceve una medaglia d'oro da Bonaparte*
1802	agosto	Napoleone console a Vita
1803		*Napoleone scioglie la sezione di scienze morali e politiche dell'Institut*
1804	2 dicembre	Napoleone imperatore
1806	»	*Fondazione della Technische Hochshule a Praga sull'esempio francese*
1807	»	*Premio assegnato a Humphry Davy*
1810	»	*Cuvier: « Rapporto storico sui progressi delle scienze naturali dopo il 1879 e sul loro stato attuale » per Napoleone*
1812	»	*Apertura dell'Ècole Normale Superieure*
1813	»	*Humphry Davy con un salvacondotto visita l'Institut*
1815	marzo-giugno	I cento giorni
	»	*Fondazione della technische Hochscule a Vienna*
1824	»	*Lavoro di Sadi Carnot*

sviluppo della meccanizzazione-divisione del lavoro tipicamente borghese, che si andava già attuando nella produzione, ma entro i limiti posti da rapporti sociali e produttivi antiquati. Analogamente, Lavoisier inaugura una « chimica razionale » basandosi esclusivamente sull'uso della bilancia, cioè sulla massa, concetto centrale della macchina, come mezzo di meccanizzazione delle stesse reazioni chimiche. Segno del carattere ancora filosofico, razionalistico della matematizzazione della chimica di Lavoisier, è il fatto che le misure su cui si basa rimangono poi, tutto sommato, qualitative [4], dominate soprattutto da esigenze di classificazione e inquadramento razionale, più che di precisione tecnica.

Le scuole militari

I primi segni di rinnovamento scientifico vengono dalle scuole militari, di cui la più famosa è quella di Mézières, nelle quali la meccanica e la fisica stessa cominciano a trasformarsi. Così, oltre all'opera di Coulomb che, sia pure sempre in un ambito razionalistico settecentesco e newtoniano, aveva introdotto nuovi standard di precisione sperimentale nella ricerca delle azioni elettriche e magnetiche a distanza, spicca soprattutto l'opera di Lazare Carnot (1753-1823) del 1783: *Essai sur les machines in géneral* che, come egli dice nella ristampa del 1803, « conteneva qualche idea nuova per i tempi in cui comparve... ». Lagrange aveva trattato razionalisticamente solo il caso « in cui il movimento cambia per gradi insensibili », e la forza meccanica si conserva comunque, mentre Carnot è interessato alle *machine reali;* infatti:
« ... il metodo generale che avevo seguito nella prima edizione (1783)... differiva principalmente da quello che si segue ordinariamente in quanto io riconducevo tutto all'urto dei corpi o cambiamenti bruschi, e consideravo la semplice pressione da cui nascono i cambiamenti per gradi insensibili come un caso particolare del problema generale » (Prefazione edizione 1803).
Egli dichiara di voler evitare il « concetto metafisico di forza » e trattare direttamente il movimento. Nella sua analisi delle macchine reali, egli riprende le prescrizioni di Smeaton [3] di evi-

tare, per quanto possibile, l'urto fra parti della macchina, e stabilisce che « si perde sempre in tempo o in velocità quello che si guadagna in forza ». Le scuole riflettono tuttavia ancora il vecchio ordinamento della scienza e dell'istruzione. Lo stesso Carnot vi era stato ammesso nel 1771 solo dietro presentazione di documenti che provano come « né la famiglia, né sua madre avevano cercato di arricchire le loro famiglie ed il loro paese con il commercio o il lavoro manuale ». In queste scuole, ancora aristocratiche (Coulomb era insieme ingegnere militare e accademico regio), il legame con il mondo ancora artigiano della produzione restava, tranne rare eccezioni come il « rivoluzionario » Carnot, molto indiretto, e vi si preparavano solo tecnici militari per scopi limitati, parziali, e per mansioni di tipo ripetitvo.

Occorreva la rivoluzione perché la borghesia francese, assumendo il potere politico, affermasse davvero in pieno le proprie esigenze, e tentasse di concretizzarle anche mediante una scienza e una tecnica più efficaci: ciò che in Inghilterra avveniva invece spontaneamente e pacificamente nelle accademie « provinciali » e « dissidenti »[3].

La scienza durante la rivoluzione

Nel nuovo ordine borghese forgiato dalla rivoluzione del 1789 la scienza è chiamata necessariamente a nuovi modi e livelli di integrazione, per rispondere alle esigenze produttive e sociali della classe che ha conquistato il potere. Tuttavia le nuove funzioni della scienza emergono solo gradualmente nell'incendio rivoluzionario. La Convenzione anzi, durante il terrore, sembra opporsi radicalmente alla scienza, come testimonia l'affermazione di Coffinhal, presidente del tribunale rivoluzionario che l'8 maggio 1794 sanziona la condanna a morte di Lavoisier: « La repubblica non ha bisogno di scienziati ». In realtà la prima esigenza della borghesia è di liberarsi di tutto il vecchiume, di tutto quanto era stato funzionale all'antico regime. Il caso Lavoisier è tipico. Nel 1767 egli aveva vinto un premio per studi sull'illuminazione di una grande città; poi aveva affrontato per incarico dell'Accademia il problema dell'utilizzazione delle acque del fiume Yvette escogitando idrometri sensibili per risalire alla purezza dell'acqua dalla sua densità (questo lo spinse ad analizzare la composizione dell'acqua, una delle sue maggiori scoperte)[5]. Ma Lavoisier, quale esponente dello strato di alta borghesia compromesso con l'antico regime, apparve ai rivoluzionari del '94 un esponente del vecchio regime: egli era stato infatti in esso uno degli odiati esattori delle tasse. Ma non basta. Le stesse vecchie istituzioni sono intrinsecamente legate alle esigenze e alla struttura del vecchio ordine sociale e costituiscono pertanto un ostacolo oggettivo ad ogni trasformazione. L'Accademia delle Scienze non è un'eccezione e la Convenzione la scioglie, con tutte le accademie, l'8 agosto 1793. Chi, come Lavoisier, rimane legato a quel modello di organizzazione scientifica chiusa, anzi a quel tipo di scienza, appare perciò stesso un controrivoluzionario, per quanto personalmente disposto a qualche cambiamento. Già il 20-21 aprile 1792 Condorcet legge invece di fronte alla Assemblea Legislativa un progetto di riforma dell'istruzione, caratterizzato da una larghezza di vedute del tutto nuova: se la scienza deve cessare di essere appannaggio degli accademici, nasce per la borghesia l'esigenza di un sistema di istruzione fondato sulla scienza, come premessa necessaria per una nuova integrazione di questa nel nascente assetto industriale.

Ma la fase costruttiva deve attendere che la stabilità della Repubblica sia garantita e che si concluda la parentesi del Terrore, già durante la quale però, anche in assenza di un nuovo assetto istituzionale, si delinea una diversa utilizzazione dello scienziato. Intanto Lazare Carnot è membro del Comitato di Salute Pubblica di Robespierre. Sotto la minaccia drammatica degli eserciti coalizzati, e con l'introduzione quindi della leva in massa (23 agosto 1793) i problemi dell'armamento e dell'approvvigionamento dell'esercito rivoluzionario restano insoluti. Perciò il Comitato impegna direttamente i maggiori scienziati e le loro competenze specifiche. Alla direzione delle operazioni è lo stesso Carnot, che verrà chiamato pertanto « l'organizzatore della vittoria » (anche se in realtà essa è dovuta all'opera di tutto il Comitato). Monge organizza con Hassenfratz la manifattura straordinaria d'armi di Parigi, con un'insolita concentrazione di mano d'opera (la vecchia struttura artigianale mostra chiaramente, proprio qui, la sua inadeguatezza); ha una parte notevole nella raccolta rivoluzionaria del salnitro e nello sviluppo della fabbricazione delle polveri, di cui si occupa anche il chimico Berthollet, che sviluppa in senso più empirico e analitico la chimica di Lavoisier (e al quale era dovuto anche un metodo di candeggio dei tessuti che poi Watt si adoperò a diffondere in Inghilterra). Drammaticamente legata alla necessità del momento è anche l'utilizzazione da parte di Monge e Berthollet con Guyton-Morveau e Fourcroy di un metodo ricavato da una memoria di Lavoisier per produrre idrogeno al fine di gonfiare gli aerostati, subito utilizzati nelle operazioni militari. Si ricordi, d'altra parte, che si tratta di una guerra voluta dalla borghesia girondina, e che di fatto consentirà il rapido arricchimento di uno stuolo di speculatori. In questo senso è significativo che Carnot, che pure non è uno di essi, sia contrario a moltiplicare le manifatture di stato e a nazionalizzare le miniere.

Nelle mani della borghesia dunque la scienza si trasforma rapidamente: essa non è più intesa come guida dall'alto del progresso sociale, ma sempre più come elemento integrante, fra gli altri, di una realtà sociale che essa può aiutare a trasformare concretamente. Emblematico in questo senso è il fatto che il Comitato di Salute Pubblica decida l'11 settembre 1793 di riunire i maggiori scienziati nella Commissione dei Pesi e delle Misure, in cui si concretizza l'idea illuministica di Turgot (risalente al 1775) di unificazione di tutte le misure. Ebbene, se il naturalismo universalistico che, da Turgot alla presentazione ufficiale nel 1799 dei modelli unificati di pesi e misure, ispira tutta l'impresa, rivela una persistente mentalità illuministica, come ricerca di unità naturali irrefutabili e universalmente valide (nel caso del metro, la diecimilionesima parte del quarto di meridiano terrestre), essa è esplicitamente piegata ad impellenti e precise necessità sociali: l'unificazione dei sistemi di misura come elemento del superamento della vecchia anarchia feudale, premessa indispensabile dello sviluppo del nuovo sistema sociale e dell'unificazione reale della Nazione.

Il Direttorio è un periodo di transizione e di assestamento. La mobilitazione degli scienziati era stata finalizzata quasi solo alla guerra, mentre, nonostante gli sforzi, la produzione industriale rimane a lungo inferiore a quella del 1789, i progressi tecnici, limitati per lo più all'industria cotoniera (la metallurgia ristagna), sono lentissimi, la concentrazione capitalistica è ancora limitata al settore commerciale, la Francia resta un paese rurale. Ma la debolezza dell'economia è transitoria. Il nuovo ruolo produttivo della scienza è ormai già stato delineato e collaudato. Il 3 gennaio 1795 Fourcroy presenta il *Rapport sur les arts qui ont servi à la défense de la Rèpublique,* consuntivo sull'uso bellico della scienza durante il periodo precedente, che traccia in realtà anche un piano di politica scientifica. Vengono quindi le nuove istituzioni (1795, *Ècole Polytechnique,* già attiva però dal dicembre 1794 sotto il nome di *Scuola Centrale dei Lavori Pubblici;* 1796, *Institut National de France*), in cui si sancisce e si perfeziona la trasformazione dell'insegnamento e della problematica scientifica.

Serve soprattutto per le nuove esigenze una nuova figura di tecnico, flessibile e capace di innovare: una figura diversa quindi da quella che usciva dalle scuole militari. Soprattutto l'*Ècole Polytechnique* forma nella nuova Francia questo tecnico nuovo che invece in Inghilterra (dove la borghesia aveva consolidato il suo potere e la sua cultura prima di avviare la trasformazione radicale della produzione) è il risultato, spesso spontaneo, del nuovo livello di interazione scienza-tecnica e di circoli scientifici anticonformisti. All'*Ècole Polytechnique* come alla *Scuola Normale* e in altre nuove istituzioni scientifiche i maggiori scienziati sono dunque vincolati all'insegnamento come a una funzione statale, e obbligati a redigere accuratamente le loro lezioni, di cui si vantano, e che danno luogo a una miriade di manuali e trattati sistematici nel primo '800. L'attività scientifica diventa comunque ormai una professione; gli scienziati sono investiti di un ruolo pubblico, ufficiale.

La scienza della nuova borghesia

La società napoleonica succeduta al Direttorio con il Colpo di Stato del 18 brumaio 1799 è una vera e propria società tecnocratica. Lo scienziato è divenuto un professionista, un funzionario statale tenuto in grande onore e al riparo dalle vicende politiche più che in passato. La sua situazione non è assolutamente confrontabile con quella degli scienziati inglesi dell'epoca, spesso ridotti in miseria e senza protezione statale. Alla centralizzazione della ricerca scientifica nel quadro dell'alta burocrazia creata da Napoleone, e concentrata a Parigi, corrisponde d'altra parte una più accentuata divisione del lavoro. Nasce la specializzazione scientifica. L'unità filosofica illuministica si frantuma di fronte a nuove esigenze di integrazione della scienza nei processi produttivi e nel corpo sociale. Le sue branche si rendono autonome; l'*Institut National,* suprema assise della scienza francese, si divide, contrariamente alla vecchia Accademia delle Scienze, in classi e sezioni. Di fronte alla nuova realtà sociale e industriale, di cui è frutto la divisione del lavoro scientifico, l'ideologia illuministica appare non più in grado di mantenere sotto il suo controllo e ricomporre in unità il lavoro scientifico. Nasce dunque un nuovo strumento di controllo e ricomposizione ideologica della scienza, il positivismo. La nuova filosofia, nata non a caso nelle nuove istituzioni (Comte, il padre del positivismo, è allievo dell'*Ècole Polytechnique*) tende a liberare la scienza dalle preoccupazione ontologiche e dai propositi riduzionistici dell'illuminismo, per rifarsi direttamente ai problemi specifici e agli strumenti diversi adottati per la loro soluzione, raccomandando uno stretto legame fra elaborazioni concettuali e operazioni manuali (come è particolarmente evidente nel modo in cui Biot, Savart e Ampère costruiscono concettualmente le leggi di azione fra correnti ricalcando passo passo l'esecuzione degli esperimenti). La unità è data dunque solo da una metodologia empiristica rigorosa che esclude vi siano altre vie per conoscere scientificamente se non la specificità dell'osservazione, la sperimentazione e l'azione. Ogni campo e strumento scientifico diviene quindi autonomo nella sua specificità e ciò porta ad un mutamento radicale nei contenuti e nella prassi della scienza. Nascono la pura matematica, la pura analisi, la pura geometria; la fisica matematica si distingue dalla matematica, anche se non ancora dalla fisica sperimentale prima del secondo '800; la chimica si separa dalla fisica; le scienze dell'uomo e della società si separano da quelle naturali a partire dagli « ideologues » che proseguono l'opera di Condorcet, contro lo stesso programma comtiano della « fisica sociale ». E' interessante notare come si realizzi questa specializzazione. E' stato posto giustamente in rilievo[6] come ad esempio Monge, nel costruire la geometria descrittiva[7] (motivata, si noti, da scopi essenzialmente pratici e, come tali, finalizzati all'oggetto specifico di ricerca e non ad un progetto unitario), riconosca « la corrispondenza completa fra operazioni algebriche e operazioni spaziali », ponendo le basi per lo sviluppo della geometria analitica come scienza autonoma, « studio generale delle curve e delle superfici » fine a se stesso, mentre in passato questo studio era servito a Fermat e Cartesio per geometrizzare il concreto spazio fisico, in vista di una riduzione ontologica della materia ad estensione della fisica alla geometria. In fisica precipita e si estende la tendenza analitica, svincolandosi da riferimenti modellistici. Su questo piano si poneva già la *Mèchanique Analytique* di Lagrange (1788). J. Fourier nella *Thèorie Analytique de la Chaleur* (1882) tratta la diffusione del calore matematizzandone le caratteristiche fenomenologiche e prescindendo dalla sua eventuale natura meccanica. A. Cauchy fa altrettanto per la teoria elastica « pura » nel 1828. E' chiaro l'impianto positivistico dell'analitica (Comte considera Fourier il modello dello scienziato), che ricerca l'unità della scienza solo a livello di linguaggio, di metodo, salvando la specificità delle discipline e prescindendo da esigenze riduzionistiche, di ricondurre il calore o l'elettricità alla meccanica.

Certamente questo non significa che il meccanicismo venga rifiutato, ma esso diviene, nel nuovo ambiente, soprattutto un'esigenza di metodo, tesa a garantire l'uniformità e l'omogeneità fra operazioni concettuali e manuali. Così il postulato meccanicistico (ormai quasi schema « a priori » di tipo kantiano) che « sono legittime solo azioni rettilinee di forze centrali a distanza », porta ad un livello di precisione sperimen-

tale inconsueto, fin da A. Coulomb con la misura delle forze elettrostatiche e magnetostatiche (1785-89), per continuare con il già citato A. M. Ampère (*Theòrie des phenomènes electrodinamiques,* 1826), con D. Poisson (*Thèorie mathematique de la chaleur*, 1835, e anche studi di magnetostatica ed elettrostatica), ma soprattutto con S. Laplace, il cui *Traité de Méchanique Cèlèste,* pubblicato in cinque volumi dal 1799 al 1825 è il monumento del molecolarismo newtoniano (meccanica e capillarità, termologia, leggi dei gas), secondo cui la fisica delle « forze centrali » può raggiungere lo stesso grado di precisione dell'astronomia o della meccanica celeste. Se le leggi della meccanica restano le leggi fondamentali, anzi i limiti della comprensione scientifica, esse si presentano come uno schema sempre più formale e astratto, la cui fecondità, il cui carattere aperto va dimostrato con lo sviluppo continuo delle teorie e degli strumenti scientifici, come in particolare il calcolo delle probabilità, strumento provvisorio ma necessario per mediare fra i fenomeni fisici e l'«ipotesi fondamentale» della concezione atomistica. E' interessante che questa prospettiva evoluzionistica, che comporta un arricchimento « pratico », « operativo » della prospettiva meccanicistica, coincida anche temporalmente con la prima formulazione completa dell'evoluzionismo biologico da parte di Lamarck (1809, *Philosophie Zoologique*). L'idea di un dinamismo « concreto », « operativo », entro però uno schema di ordine razionalistico e tradizionalistico allo stesso tempo, è comunque particolarmente congeniale a Napoleone. Questi infatti, mentre ad esempio, interessandosi della nuova fonte di conoscenze e possibilità sperimentali costituita dalla corrente elettrica recentemente scoperta (1800), istituisce un « Premio di Galvanismo » per incrementare le ricerche sperimentali in questo settore, e permette all'inglese H. Davy, in pieno stato di guerra con l'Inghilterra, di ritirare il premio per i suoi contributi sperimentali, con tutti gli onori, d'altro canto avversa le discussioni politiche, le proposte « ideologiche » che possano minimamente intaccare quel quadro di ordine assoluto in cui egli vuole che avvenga il più vivace sviluppo della scienza e della pratica. Pertanto, oltre a dare al termine « ideologie » una connotazione negativa che non aveva nel tardo illuminismo, egli giunge addirittura ad abolire la sezione di scienze sociali dell'*Institut National.*

E' appunto in questo quadro che la matematica nella fisica si presenta strettamente e letteralmente come il « linguaggio dei fenomeni »: le serie di Fourier esprimono immediatamente la « marcia naturale » dei fenomeni termici; il calcolo delle probabilità in Laplace e Poisson studia il calore come interazione calorico-materia per passare « naturalmente » dal microfisico al macrofisico; le equazioni « elastiche » alle derivate parziali rispondono ad una visione ondulatoria della luce con onde trasversali. E a questo si lega sempre una consapevolezza degli scopi pratici, operativi della ricerca. Soprattutto Lazare e Sadi Carnot applicano esplicitamente i principi della meccanica alle macchine reali, in modo che siano intuitivamente più comprensibili a tecnici e ingegneri; Sadi in particolare, con un programma meccanicistico, ma applicato alle macchine termiche (« destinate a produrre — egli scrive — una grande rivoluzione nel mondo civilizzato », e già causa non ultima della « prosperità » e della « potenza colossale » dell'Inghilterra) per studiare il calore, è però ostacolato nella sua realizzazione dalla idea « molecolaristica » intuitiva di un « calorico » che si conserva, che gli impedì a lungo di stabilire la conversione-equivalenza calore-lavoro e la conservazione dell'energia. Egli sottolineava che:

« le macchine che non ricevono il loro moto dal calore... possono essere studiate fin nei minimi dettagli con la teoria meccanica... Una simile teoria manca evidentemente per le macchine a fuoco ». Nasce dunque anche qui una branca autonoma, la termodinamica.

E' chiaro che la metodologia rigida dei nuovi scienziati francesi presenta anche forti limitazioni: esclude idee nuove e fertili che si affermano invece in Inghilterra, come linee di forza non rettilinee, campi, azioni non a distanza, e rende difficile l'affermazione di un principio di conservazione-conversione dell'energia. Si rifiuta in sostanza un'unificazione che non sia formalmente, metodologicamente, linguisticamente definita in modo esatto, della fisica. Ma ciò avviene perché si tratta di una fisica che ha un fine diverso. Le nuove tecnologie e le nuove macchine si sono infatti dif-

Fig. 2 *La prima riunione dell'Institut national de France tenuta nella Sala delle cariatidi al Louvre il 4 aprile 1796.*

fuse anche in Francia, ma come fenomeni « indotti » e non come frutto di uno sviluppo « spontaneo ». Se quindi esse si presentano come nuovi processi naturali oggettivi, non diversamente che in Inghilterra, lo studio scientifico deve essere però ormai esplicitamente finalizzato, più che ad « inventarli », a conprenderli esattamente ed analiticamente, ed eventualmente a migliorarli, tenendo anche conto della loro integrazione nel sistema produttivo.

E' importante quindi sottolineare che questa stessa scienza, che per alcuni decenni ha fatto della Francia la nazione-guida, subisce negli anni '30 del secolo XIX una drastica battuta d'arresto e rimarrà per mezzo secolo in una situazione di stallo. Se infatti la rigida metodologia e professionalizzazione scientifica era perfettamente funzionale alla fase espansiva della borghesia industriale, a quella rivoluzione industriale che fu accelerata in Francia dalla rivoluzione politica e dalla presa del potere da parte della borghesia, che neppure la restaurazione del 1815 riuscì a cancellare, essa rivelò i suoi limiti proprio quando quella base sociale fu sostituita dallo sviluppo e dal predominio, a partire dalla monarchia di Luigi Filippo e poi, dopo la parentesi rivoluzionaria del 1848, con il regime di Napoleone III, di strati di borghesia finanziaria e redditiera, con interessi piuttosto rurali e coloniali che industriali. Dunque, si trattò per la scienza francese di una crisi di finalità, certamente legata alla sua struttura rigida, ma soprattutto alla flessione di domanda di indicazioni tecnologiche. Prima si ha quindi il tentativo di riduzione degli scienziati a funzionari statali, possibilmente senza ideologia propria, poi, crescendo il timore, nell'ordine borghese ormai pienamente affermato, per eventuali riflessi rivoluzionari dell'attività degli scienziati (alcuni dei quali giungevano effettivamente, come Galois, a interpretare in chiave razionalistico-rivoluzionaria la propria opera), si ha, già sotto Napoleone, una serie di atti che contribuirono indubbiamente ad appesantire il controllo del potere dominante sulla scienza, ad accentuare la rigida professionalità degli scienziati. Napoleone, volendo eliminare i fermenti democratici presenti nell'*École Polytechnique,* la riformò, nel 1804 irrigidendone la disciplina interna, in senso classista. Dall'anno successivo infatti gli studenti, che erano prima stipendiati come vincitori di concorso, dovettero cominciare a pagare essi una retta.

Comunque, i frutti più maturi dello sviluppo scientifico francese saranno raccolti altrove, soprattutto in Inghilterra e in Germania, a partire dalla metà del socolo, in situazioni economiche, sociali, istituzionali e culturali assai diverse.

La scienza e il potere borghese

Le ragioni dei cambiamenti della scienza con la rivoluzione francese ci confermano dunque che un'immagine della scienza che evolva unicamente in funzione della problematica puramente scientifica, esclusivamente per spinte e motivazioni interne, non regge alla prova dei fatti. Rispetto alla realtà del suo tempo, la meccanica razionale settecentesca corrisponde infatti pienamente alle esigenze allora attuali, e solo a causa di nuove esigenze pratiche e produttive sorgono nuove problematiche e nuovi metodi, che assumono forme diverse non per spinte interne, ma in relazione alla specifica situazione inglese (meccanica pratica) e francese (teoria delle macchine). La scienza nuova nasce cioè non più come tentativo di giustificazione ideologica o mera comprensione razionale del mondo, ma come nuova esigenza di potere pratico, di appropriazione materiale e concettuale della natura, proprio in quanto sanzione ideologica e pratica del potere della borghesia e di nuovi modi di produzione. Essa porta infatti fin nei suoi contenuti e metodi più specifici il marchio dei nuovi rapporti sociali.

Note e bibliografia

[1] All'inizio della rivoluzione, su 26 milioni di abitanti 20,5 vivevano in campagna. Secondo Arthur Young, *Travels in France,* la proporzione della popolazione dedita all'agricoltura era più bassa in Inghilterra, Olanda e Lombardia, paesi a più forte concentrazione urbana. Vale la pena di sottolineare anche come la città, nata con i commerci, si affermi e si sviluppi pienamente solo con la rivoluzione industriale (v. p. es. Mantoux P., *La rivoluzione industriale,* Ed. Riuniti, Roma 1971, parte III, cap. 1; K. Marx, *L'ideologia tedesca,* p. 40, Ed. Riuniti, Roma 1971; F. Engels, *Antidüring,* parte III, cap. 3, Ed. Riuniti, Roma 1971). E' stato possibile valutare anche la composizione del reddito nazionale in alcuni stati, Lesourd J.A., Gérard C., *Storia economica dell' '800 e del '900,* cap. 7, Isedi, Milano 1973): in Francia nel 1780 il reddito agricolo ammontava al 73% di quello globale, mentre in Inghilterra nel 1801 ammontava al 32%.

[2] Le « recinzioni » (*enclousures*) furono un processo dominante nella capitalizzazione dell'agricoltura inglese: i grandi proprietari ottenevano di concentrare le terre migliori e le recintavano, danneggiando irrimediabilmente i piccoli coltivatori e anche i poveri, i quali nel passato potevano lasciare pascolare liberamente il bestiame e raccogliere qualche pur misero prodotto nelle « terre comuni » (*open fields*).

[3] V. p. es. l'articolo di Baracca A., *Sapere,* luglio 1974; e di Rossi A., *Sapere,* agosto-settembre 1974.

[4] Abbiamo già osservato come la precisione quantitativa dei procedimenti sperimentali sia un prodotto della rivoluzione industriale; cfr. Baracca A., *op. cit.,* e Daumas M., *Precision of Measurement and Physical and Chemical Research in the Eighteenth Century,* in *Scientific Change,* Ed. A. Crombie, Oxford 1961.

[5] Ricordiamo che anche James Watt proponeva contemporaneamente, prima di Priestley e Cavendish, l'idea che l'acqua sia una sostanza composta.

[6] Israel G. e Negrini P., *La rivoluzione francese e la scienza, Scientia, 108,* n. 67, 1973.

[7] E' la scienza che studia i metodi atti a rappresentare le figure spaziali mediante figure piane, in modo che da queste si possano dedurre le proprietà di quelle.

Questo articolo può considerarsi il seguito di tre altri articoli: Rossi A., *Illuminismo e sperimentalismo nella fisica del '700* Sapere, ottobre 1971; Baracca A., *I concetti di lavoro e di energia nell'Inghilterra del XVIII secolo,* Sapere, luglio 1974; e Rossi A., *Le nuove tecnologie in Inghilterra fra '700 e '800,* Sapere, agosto-settembre 1974.

Sulla rivoluzione francese la bibliografia è sterminata. Opera moderna è Soboul A., *La Rivoluzione Francese,* Laterza, Bari 1971. Un'antologia recente è quella di Querci L., *La Rivoluzione Francese,* Zanichelli, Bologna 1973.

Entrambe queste opere contengono una vastissima bibliografia. Cfr. anche, per un inquadramento generale, Mousnier R. e Labrousse E., in *Storia Generale della Civiltà,* diretta da M. Crouzet, Casini, Firenze 1959.

Sull'illuminismo, per gli aspetti che ci riguardano da vicino, citiamo solo Rossi A., *Fisica francese e fisica inglese nella scienza del 1700,* parte I e II in corso di pubblicazione su *Scientia* (che tratta diffusamente anche i tratti distintivi delle situazioni inglese e francese in campo scientifico); e Léon P., *Tradition et machinisme dans la France du XVIII siècle,* L'information historique, p. 5, e Léon P., *L'industrialisation en France* ecc., in *Première conf. internationale d'histoire économique,* Stockholm 1960, Paris-La Haye 1960, p. 163.

Sulla scienza durante la rivoluzione si veda il già citato lavoro di Israel G. e Negrini P. Discusso e discutibile, ma di notevole interesse, è il libro di Mousnier R., *Progrés scientifique et technique au XVIII siècle,* Plon, Paris 1958; inoltre: Caullery M., *La science française depuis XVII siècle,* Paris 1933; Daumas M., *Les instruments scientifiques aux XVII et XVIII siècle,* Paris 1953; Fayet J., *La Révolution Française et la science* (1789-1815), Puf, Paris 1960.

Sulla scienza francese nel periodo napoleonico si veda Crosland M., *The Society of Arcueil,* Heinemann, London 1967.